



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Application of: Hans Ulrich FRUTSCHI

Confirmation No.: 1759

Application No.: 10/806,225

Art Unit: 3746

Filed: March 23, 2004

Examiner: Unassigned

For: GAS TURBINE PLANT FOR A WORKING
MEDIUM IN THE FORM OF A CARBON
DIOXIDE/WATER MIXTURE

Attorney Docket No.: 61277-60011

**CLAIM TO PRIORITY
TRANSMITTAL OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT**

Commissioner for Patents
PO Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450

Sir:

Enclosed is a certified copy of Swiss Patent Application No. 2001 1765/01
filed in Switzerland on September 24, 2001, from which priority is being claimed in this
application.

No fee is believed to be due for this submission. Should any fee be required,
however, please charge the required fee to Collier Shannon Scott Deposit Account No. 03-
2469.

Date: June 10, 2004

Respectfully Submitted,

Seth A. Watkins

Reg. No. 47,169

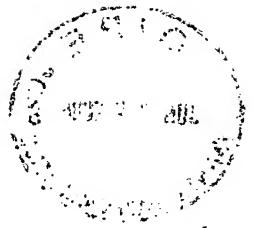
COLLIER SHANNON SCOTT, PLLC

3050 K Street, NW, Suite 400

Washington, D.C. 20007

(202) 342-8400

Enclosure



THIS PAGE BLANK (USPTO)



**SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
CONFÉDÉRATION SUISSE
CONFEDERAZIONE SVIZZERA**

Bescheinigung

Die beiliegenden Akten stimmen mit den ursprünglichen technischen Unterlagen des auf der nächsten Seite bezeichneten Patentgesuches für die Schweiz und Liechtenstein überein. Die Schweiz und das Fürstentum Liechtenstein bilden ein einheitliches Schutzgebiet. Der Schutz kann deshalb nur für beide Länder gemeinsam beantragt werden.

Attestation

Les documents ci-joints sont conformes aux pièces techniques originales de la demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein spécifiée à la page suivante. La Suisse et la Principauté de Liechtenstein constituent un territoire unitaire de protection. La protection ne peut donc être revendiquée que pour l'ensemble des deux Etats.

Attestazione

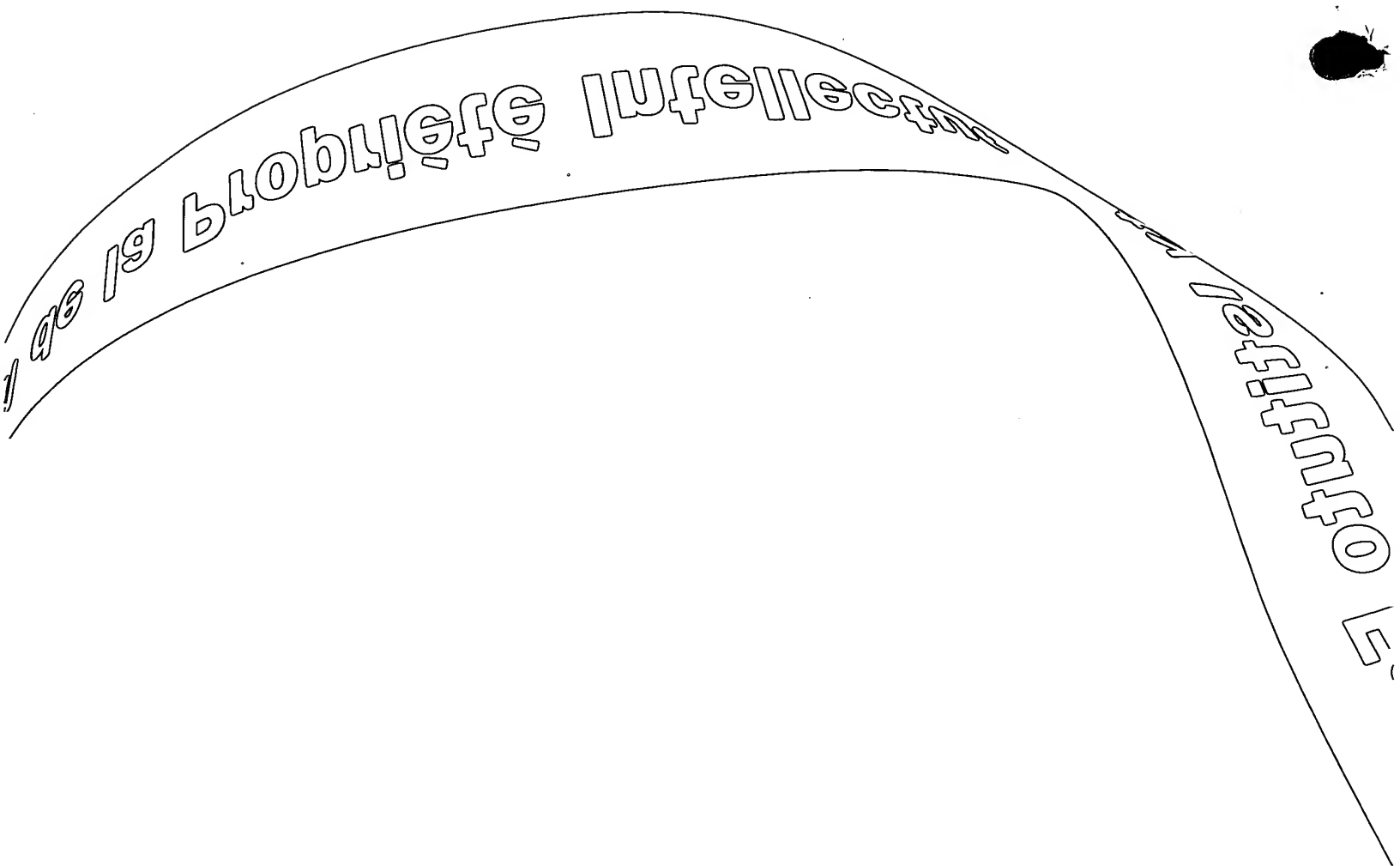
I documenti allegati sono conformi agli atti tecnici originali della domanda di brevetto per la Svizzera e il Liechtenstein specificata nella pagina seguente. La Svizzera e il Principato di Liechtenstein formano un unico territorio di protezione. La protezione può dunque essere rivendicata solamente per l'insieme dei due Stati.

Bern, 29. APR. 2004

Geistiges Eigentum
Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum
Institut Fédéral de la Propriété Intellectuelle
Istituto Federale della Proprietà Intellettuale

Patentverfahren
Administration des brevets
Amministrazione dei brevetti

H. Jenni
Heinz Jenni



1998 19 PROPRIO INTELLECTU

INSTITUTO E

Patentgesuch Nr. 2001 1765/01

HINTERLEGUNGSBESCHEINIGUNG (Art. 46 Abs. 5 PatV)

Das Eidgenössische Institut für Geistiges Eigentum bescheinigt den Eingang des unten näher bezeichneten schweizerischen Patentgesuches.

Titel:

Gasturbinenanlage für ein Arbeitsmedium in Form eines Kohlendioxid/Wasser-Gemisches.

Patentbewerber:

ALSTOM (Switzerland) Ltd
Haselstrasse 16
5400 Baden

Anmeldedatum: 24.09.2001

Voraussichtliche Klassen: F02C

Uebertragen an:

ALSTOM (Switzerland) Ltd
Brown Boveri Strasse 7
5401 Baden

reg: 13.03.2002

Uebertragen an:

ALSTOM Technology Ltd
Brown Boveri Strasse 7
5400 Baden

reg: 28.11.2003



5

10

BESCHREIBUNG

15 GASTURBINENANLAGE FÜR EIN ARBEITSMEDIUM IN FORM EINES KOH-
LENDIOXID/WASSER-GEMISCHES

TECHNISCHES GEBIET

20

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Technik von Gasturbi-
nen. Sie betrifft eine Gasturbinenanlage für ein Arbeitsmedium in Form eines
Kohlendioxid/Wasser-Gemisches gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

25

STAND DER TECHNIK

30

Aus dem Stand der Technik sind Gasturbinenanlagen bekannt, die in einem
Kreislauf mit einem Arbeitsmedium in Form eines Kohlendioxid/Wasser-Gemi-
sches arbeiten und sich dadurch auszeichnen, dass sie die Verbrennung von
kohlenwasserstoffhaltigen Brennstoffen ohne Abgabe von Kohlendioxid an die

Atmosphäre ermöglichen. Eine solche Gasturbinenanlage ist beispielsweise in der Druckschrift US-A-5,247,791 beschrieben.

In Fig. 1 ist eine vergleichbare Gasturbinenanlage 16 mit einem zum grossen Teil geschlossenen CO₂-Gasturbinenkreislauf in einem Blockschema dargestellt. Die Gasturbinenanlage 16 umfasst einen Verdichter 1 und eine Turbine 3, die über eine gemeinsame Welle mit einem Generator 15 verbunden sind. Die Gasturbinenanlage 16 umfasst weiterhin eine Brennkammer 2, einen Kühler und/oder Abwärmeverwerter 4, einen Wasserabscheider 5 und eine Entnahmestelle 6 zur CO₂-Entnahme. In der Brennkammer 2 wird ein Brennstoff 7 in Form eines Kohlenwasserstoffes, z.B. ein Erdgas mit der Hauptkomponente Methan, in einer aus Sauerstoff 8, Kohlendioxid und ggf. Wasser aufbereiteten Atmosphäre einer inneren Verbrennung unterzogen. Die durch die Verbrennung entstehenden Komponenten Kohlendioxid und Wasser, sowie ggf. mit dem Sauerstoff oder dem Erdgas eingeführte Inertgase werden laufend entfernt, so dass ein Kreislauf mit weitgehend konstanter Zusammensetzung des Arbeitsmediums aufrechterhalten bleibt. Dabei kann das Wasser, wie in Fig. 1 dargestellt, in dem Wasserabscheider 5 auskondensiert werden. An einer anderen Stelle des Kreislaufs, bevorzugt hinter dem Verdichter 1 an der Entnahmestelle 6, kann das überschüssige Kohlendioxid weitgehend rein abgetrennt werden. Das Kohlendioxid kann dann in geeigneter Weise deponiert werden, so dass praktisch kein Kohlendioxid in die Atmosphäre abgegeben wird. Alternativ kann kein oder nur ein Teil des Wassers im Wasserabscheider 5 auskondensiert werden, so dass an der Entnahmestelle 6 ein Kohlendioxid/Wasser-Gemisch abgeführt wird.

Der für die Verbrennung des Brennstoffs 7 benötigte Sauerstoff 8 wird in einer Luftzerlegungsanlage 9 aus angesaugter Luft 10 erzeugt. Restgase 11 in Form von Stickstoff (N₂) und Argon (Ar), die dabei als Abfallprodukt anfallen, können entweder in die Atmosphäre entlassen oder anderweitig genutzt werden.

Der im Kühler/Abwärmeverwerter 4 erzeugte Dampf 17 kann entweder in einem unabhängigen Prozess, z.B. in einer nachgeschalteten Dampfturbine, genutzt

werden, oder als Einspritzdampf 12 in die Brennkammer 2 eingespritzt werden, um den Massenstrom in der Turbine 3 und damit Leistungsausbeute und Wirkungsgrad des Prozesses zu erhöhen. Zusätzlich kann ein Teilstrom 13 des Dampfes zur effektiven Kühlung thermisch belasteter Bauteile in der Turbine 3 genutzt werden.

Werden Verdichter 1 und Turbine 3 speziell für die Erfordernisse des jeweiligen Arbeitsmediums konstruiert und ausgelegt, so besteht kein Zweifel an der technischen Machbarkeit eines solchen Prozesses. Allerdings wird es aus wirtschaftlichen Gründen notwendig sein, entsprechende Gasturbinenanlagen 16 zumindest vorübergehend mit Verdichtern 1 und Turbinen 3 zu betreiben, die ausgehend von existierenden, für den Betrieb mit Umgebungsluft ausgelegten Maschinen möglichst wenig modifiziert wurden.

In diesem Zusammenhang wird in der Literatur die im Vergleich zu Luft sehr viel geringere Schallgeschwindigkeit in Kohlendioxid als wichtigste Herausforderung diskutiert. Fig. 2, in welcher die Schallgeschwindigkeit in Kohlendioxid/Wasser-Gemischen in Abhängigkeit vom Anteil des Wassers bei einem Druck von 3 MPa und zwei unterschiedlichen Temperaturen (700 K und 1400 K) aufgetragen ist, zeigt aber, dass sich durch Verwendung von Kohlendioxid/Wasser-Gemischen über weite Konzentrationsbereiche (z.B. $0.6 < x_{H_2O} < 0.8$) Schallgeschwindigkeiten einstellen lassen, die der Schallgeschwindigkeit in Luft hinreichend ähnlich sind (geht man davon aus, dass Verdichter grosser Gasturbinen typischer Weise mit Machzahlen von etwa 0.7 betrieben werden, so sollten bis zu etwa 20% niedrigere Schallgeschwindigkeiten tolerabel sein).

Ein erhebliches Problem ergibt sich dagegen aus dem unterschiedlichen Expansions- und Kompressionsverhalten von Luft auf der einen und Kohlendioxid/Wasser-Gemischen auf der anderen Seite. Fig. 3, in welcher die Abweichung des Volumenstroms in % bei der Expansion von Kohlendioxid/Wasser-Gemischen gegenüber Luft für drei unterschiedliche Wasseranteile x dargestellt ist, verdeutlicht diesen Zusammenhang am Beispiel einer von $T = 1500$ K und $p = 3$ MPa ausgehen-

den Expansion mit einem konstant angenommenen polytropen Wirkungsgrad von $\eta_{\text{pol}} = 0.9$. Aufgrund des von Luft verschiedenen Isentropenexponenten der Kohlendioxid/Wasser-Gemische ergeben sich auf der Niederdruckseite um ca. 30 bis 35% grössere Volumenströme und damit, bei unveränderten Strömungsquerschnitten, entsprechend grössere Axialgeschwindigkeiten. Dieser Effekt lässt sich nur in geringem Masse durch Variation der Zusammensetzung beeinflussen. Im Verdichter 1 ergeben sich umgekehrt auf der Hochdruckseite deutlich kleinere Volumenströme und damit kleinere Axialgeschwindigkeiten als beim Betrieb mit Luft.

Erschwerend wirkt sich aus, dass sich im Kreislauf nicht kondensierbare Inertgase ansammeln, deren Konzentration im Gleichgewicht etwa gleich dem Anteil der entsprechenden Gase im verwendeten Erdgas ist. Damit ergeben sich in Abhängigkeit vom verwendeten Erdgas signifikant unterschiedliche thermodynamische Eigenschaften des Arbeitsmediums.

Der Aufwand für die Modifikation existierender Turbinen und damit ihre Erfolgchancen hängen wesentlich davon ab, ob es gelingt, diese Unterschiede im Expansionsverhalten zu kompensieren, ohne Läufer (Rotor) und Gehäuse der Turbinen drastisch modifizieren und die Beschaufelung komplett neu auslegen zu müssen.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine mit einem Kohlendioxid/Wasser-Gemisch als Arbeitsmedium arbeitende Gasturbinenanlage zu schaffen, welche auf einfache und kostengünstige Weise von einem Verdichter und/oder einer Turbine Gebrauch macht, die für einen Betrieb mit dem Arbeitsmedium Luft ausgelegt sind.

Die Aufgabe wird durch die Gesamtheit der Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Der Kern der Erfindung besteht darin, einen Verdichter und/oder die Turbine (3)

Fig. 5 in einer schematisierten Darstellung den inneren Aufbau eines Verdichters oder einer Turbine mit der zugehörigen Beschaufelung und einer Mehrzahl von Leitgittern; und

5 Fig. 6 in mehreren Teilfiguren in axialer Richtung gesehen ein beispielhaftes Leitgitter ohne Modifizierung (Fig. 6a), mit einer sektoriellen Teilbeaufschlagung gemäss einer Ausgestaltung der Erfindung (Fig. 6b), mit einer radialen Teilbeaufschlagung gemäss einer anderen Ausgestaltung der Erfindung (Fig. 6c) und mit verstellbaren
10 Leitschaufeln gemäss einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung (Fig. 6d).

15 WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

15

Der Verdichter 1 und die Turbine 3 der Gasturbinenanlage aus Fig. 1 haben den in Fig. 5 vereinfacht dargestellten inneren Aufbau, wobei sich die Hochdruckseite (beim Verdichter 1 die Auslassseite, bei der Turbine 3 die Einlassseite) auf der linken Seite der Darstellung befindet. Der Verdichter 1 bzw. die Turbine 3 haben
20 einen um eine Achse 23 drehbaren Rotor 18 mit einer mehrstufigen Beschaufelung, die aus einzelnen Sätzen von Laufschaufeln 21 besteht. Der Rotor 18 mit der Beschaufelung ist von einem Gehäuse 19 umgeben. Zwischen den Sätzen von Laufschaufeln 21 sind jeweils ortsfeste Leitgitter 20 mit entsprechenden Leitschaufeln angeordnet. Zwischen den Leitschaufeln der Leitgitter 20 verlaufen in
25 dem Zwischenraum von Rotor 18 und Gehäuse 19 Strömungskanäle 22 (siehe auch Fig. 6a).

Gemäss der Erfindung werden nun Rotor 18 und Gehäuse 19 eines für das Arbeitsmedium Luft ausgelegten Verdichters 1 und/oder einer für das Arbeitsmedium
30 Luft ausgelegten Turbine 3 beibehalten. Zur Anpassung an das von Luft verschiedene Expansionsverhalten des Arbeitsmediums Kohlendioxid/Wasser werden im

wesentlichen Modifikationen der Strömungskanäle 22 und/oder der Laufschaufeln 21 und/oder der Leitgitter 20 vorgenommen.

- 5 Eine erste Möglichkeit zur Modifikation besteht darin, die freien Strömungsquerschnitte auf der Hochdruckseite von Verdichter 1 und/oder Turbine 3 dadurch zu reduzieren, dass ein Teil der Strömungskanäle 22 im zugehörigen Leitgitter 20 durch über den Umfang verteilt angeordnete blockierten Sektoren 24 verschlossen sind (Fig. 6b; sektorielle Teilbeaufschlagung).
- 10 Eine zweite Möglichkeit der Modifikation besteht darin, dass die freien Strömungsquerschnitte auf der Hochdruckseite von Verdichter 1 und/oder Turbine 3 durch Einfügen von ringförmigen Strömungshindernissen 25 in den Leitgittern 20 reduziert sind (Fig. 6c; radiale Teilbeaufschlagung).
- 15 Eine dritte Möglichkeit der Modifikation besteht darin, dass die freien Strömungsquerschnitte auf der Hochdruckseite von Verdichter 1 und/oder Turbine 3 durch verstellbare Leitgitter 20 mit verstellbaren Leitschaufeln 26 reduziert werden (Fig. 6d; in der Figur ist der Einfachheit halber nur eine beispielhafte verstellbare Leitschaufel 26 eingezeichnet, deren Verstellbarkeit durch die gestrichelten Linien angedeutet ist).
- 20

Es ist aber auch denkbar, dass die freien Strömungsquerschnitte in Verdichter 1 und/oder Turbine 3 unverändert bleiben, und statt dessen die Beschaufelung (Laufschaufeln 21) des Verdichters 1 bzw. der Turbine 3 durch eine geänderte

25 Ausgestaltung der Schaufelgeometrie an die veränderten Axialgeschwindigkeiten angepasst ist.

Am Beispiel einer fünfstufigen Turbine zeigt Fig. 4 prozentuale Abweichungen zwischen Axialgeschwindigkeiten, die sich in einer für Luft optimierten Turbine

30 einstellen, und Axialgeschwindigkeiten in mit verschiedenen Kohlendioxid/Wassergemischen betriebenen, erfindungsgemäss modifizierten Turbinen. Die weitgehende Angleichung der Axialgeschwindigkeiten wird in diesem Falle durch abge-

stufte Reduzierung der zur Verfügung stehenden Strömungsquerschnitte in den einzelnen Stufen der Turbine erreicht. Die nachfolgende Tabelle 1 fasst die für die verschiedenen Zusammensetzungen gewählten Querschnittsverhältnisse zusammen.

5

Zusammen- setzung	Bezogene Strömungsquerschnitte $A_{CO_2/H_2O}/A_{Luft}$				
	1. Stufe	2. Stufe	3. Stufe	4. Stufe	5. Stufe
$X_{H_2O} = 0.10$	0.76	0.83	0.88	0.93	1
$X_{H_2O} = 0.45$	0.78	0.84	0.89	0.94	1
$X_{H_2O} = 0.65$	0.79	0.85	0.90	0.94	1

Tabelle 1. Bezogenes Verhältnis der freien Strömungsquerschnitte in den Stufen von für den Betrieb mit Kohlendioxid/Wasser-Gemischen modifizierten Turbinen

10

Beim Auftreten von Inertgasen im Arbeitsmedium ist es weiterhin von Vorteil, wenn in Verdichter 1 und/oder Turbine 3 verstellbare Leitschaufeln 26 des Leitgitters 20 vorgesehen sind, um durch die Inertgase bedingte Variationen der thermodynamischen Eigenschaften des Arbeitsmediums zu kompensieren.

15

Auch kann es bei der Gasturbinenanlage 16 der Erfindung von Vorteil sein, wenn die Wärmesenke 4 zur Erzeugung von Dampf ausgelegt ist, und wenn ein Teilstrom 13 des erzeugten Dampfes zur Kühlung thermisch belasteter Bauteile der Turbine 3 zugeführt wird. Diese Wärmesenke 4 kann auch zur Erzeugung einer Dampfmenge zum Betrieb einer in der Zeichnung nicht näher dargestellten Dampfturbine ausgelegt werden. Der benötigte Teilstrom 13 kann dann aus dieser Dampfmenge abgezweigt werden.

20

Schliesslich ist es aber auch möglich, dass in der Gasturbinenanlage 16 aus Fig. 1 Mittel zur Verflüssigung des Arbeitsmediums durch Wärmeabfuhr vorgesehen sind, und dass an Stelle des Verdichters 1 eine Pumpe eingesetzt wird.

25

BEZUGSZEICHENLISTE

	1	Verdichter
	2	Brennkammer
	3	Turbine
5	4	Kühler/Abwärmeverwerter
	5	Wasserabscheider
	6	Entnahmestelle (Kohlendioxid, Wasser)
	7	Brennstoff (Kohlenwasserstoff)
	8	Sauerstoff
10	9	Luftzerlegungsanlage
	10	Luft
	11	Restgase (Stickstoff, Argon)
	12	Einspritzdampf
	13	Teilstrom (Dampf)
15	14	Wasser
	15	Generator
	16	Gasturbinenanlage
	17	Dampf
	18	Rotor
20	19	Gehäuse
	20	Leitgitter
	21	Laufschaufel
	22	Strömungskanal
	23	Achse
25	24	blockierter Sektor
	25	Strömungshindernis (ringförmig)
	26	verstellbare Leitschaufel

PATENTANSPRÜCHE

1. Gasturbinenanlage (16), umfassend einen Verdichter (1), eine Brennkammer (2), eine Turbine (3) und mindestens einer Wärmesenke (4), welche Gasturbinenanlage (16) mit einem Arbeitsmedium in Form eines Kohlendioxid/Wasser-Gemisches betrieben wird, wobei in der Brennkammer (2) ein Kohlenwasserstoff als Brennstoff (7) mit Sauerstoff (8) reagiert, und wobei das dadurch entstehende überschüssige Kohlendioxid und Wasser (14) dem Kreislauf an geeigneter Stelle (5, 6) entnommen wird, bei welcher Gasturbinenanlage (16) der Verdichter (1) und die Turbine (3) jeweils einen Rotor (18) und ein Gehäuse (19) aufweisen, zwischen denen Strömungskanäle (22) für das Arbeitsmedium verlaufen, auf dem Rotor (18) Laufschaufeln (21) und in den Strömungskanälen (22) Leitgitter (20) angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdichter (1) und/oder die Turbine (3) einen Rotor (18) und ein Gehäuse (19) aufweisen, welche weitgehend einem Rotor und einem Gehäuse eines für das Arbeitsmedium Luft ausgelegten Verdichters bzw. einer für das Arbeitsmedium Luft ausgelegten Turbine entsprechen, und dass bei dem Verdichter (1) und/oder der Turbine (3) die Anpassung an das von Luft verschiedene Expansionsverhalten des Arbeitsmediums im wesentlichen durch Modifikationen der Strömungskanäle (22) und/oder der Laufschaufeln (21) und/oder der Leitgitter (20) bewirkt wird.

2. Gasturbinenanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die freien Strömungsquerschnitte auf der Hochdruckseite von Verdichter (1) und/oder Turbine (3) durch Blockieren eines Teils der Strömungskanäle (22) im Leitgitter (20) in Form von blockierten Sektoren (24) reduziert sind.

3. Gasturbinenanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die freien Strömungsquerschnitte auf der Hochdruckseite von Verdichter (1) und/oder Turbine (3) durch Einfügen ringförmiger Strömungshindernisse (25) in den Leitgittern (20) reduziert sind.

4. Gasturbinenanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die freien Strömungsquerschnitte auf der Hochdruckseite von Verdichter (1) und/oder Turbine (3) durch verstellbare Leitgitter (20, 26) reduziert werden.

5 5. Gasturbinenanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die freien Strömungsquerschnitte in Verdichter (1) und/oder Turbine (3) unverändert bleiben und statt dessen die Beschaufelung (21) des Verdichters (1) bzw. der Turbine (3) an die veränderten Axialgeschwindigkeiten angepasst ist.

10 6. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass in Verdichter (1) und/oder Turbine (3) verstellbare Leitgitter (20, 26) vorgesehen sind, um durch Inertgase bedingte Variationen der thermodynamischen Eigenschaften des Arbeitsmediums zu kompensieren.

15 7. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmesenke (4) zur Erzeugung von Dampf ausgelegt ist, und dass mindestens ein Teilstrom (13) des erzeugten Dampfes zur Kühlung thermisch belasteter Bauteile der Turbine (3) zugeführt wird.

20 8. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmesenke (4) zur Erzeugung von Dampf für den Betrieb einer Dampfturbine ausgelegt ist, und dass ein Teilstrom (13) des erzeugten Dampfes zur Kühlung thermisch belasteter Bauteile der Turbine (3) zugeführt wird.

25 9. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zur Verflüssigung des Arbeitsmediums durch Wärmeabfuhr vorgesehen sind, und dass an Stelle des Verdichters (1) eine Pumpe vorgesehen ist.

mit einem Rotor und einem Gehäuse einzusetzen, welche weitgehend einem Rotor und einem Gehäuse eines für das Arbeitsmedium Luft ausgelegten Verdichters bzw. einer für das Arbeitsmedium Luft ausgelegten Turbine entsprechen. Die Anpassung an das von Luft verschiedene Expansionsverhalten des Arbeitsmediums wird dann im wesentlichen durch Modifikationen der Strömungskanäle und/oder der Laufschaufeln und/oder der Leitgitter bewirkt. Hierdurch ist es möglich, auf bereits vorhandenen Verdichtern bzw. Turbinen aufzubauen, die dann im Inneren mit vergleichsweise geringfügigen Änderungen an das neue Arbeitsmedium angepasst werden.

Gemäss einer ersten bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird die notwendige Modifizierung dadurch bewirkt, dass die freien Strömungsquerschnitte auf der Hochdruckseite von Verdichter und/oder Turbine durch Blockieren eines Teils der Strömungskanäle im Leitgitter in Form von blockierten Sektoren reduziert sind.

Gemäss einer zweiten bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird die notwendige Modifizierung dadurch bewirkt, dass die freien Strömungsquerschnitte auf der Hochdruckseite von Verdichter und/oder Turbine durch Einfügen ringförmiger Strömungshindernisse in den Leitgittern reduziert sind.

Gemäss einer dritten bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird die notwendige Modifizierung dadurch bewirkt, dass die freien Strömungsquerschnitte auf der Hochdruckseite von Verdichter und/oder Turbine durch verstellbare Leitgitter reduziert werden.

Es ist aber auch denkbar, dass die freien Strömungsquerschnitte in Verdichter und/oder Turbine unverändert bleiben und statt dessen die Beschaufelung des Verdichters bzw. der Turbine an die veränderten Axialgeschwindigkeiten angepasst ist.

Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn in Verdichter und/oder Turbine verstellbare Leitgitter vorgesehen sind, um durch Inertgase bedingte Variationen der thermodynamischen Eigenschaften des Arbeitsmediums zu kompensieren.

- 5 Weitere Ausführungsformen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

KURZE ERLÄUTERUNG DER FIGUREN

- 10 Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen

Fig. 1 ein Anlagenschema einer beispielhaften, mit einem Kohlendioxid/Wasser-Gemisch als Arbeitsmedium arbeitenden Gasturbinenanlage;

Fig. 2 die Schallgeschwindigkeit in Kohlendioxid/Wasser-Gemischen in Abhängigkeit vom Anteil des Wassers bei einem Druck von 3 MPa und zwei unterschiedlichen Temperaturen;

Fig. 3 die Abweichung des Volumenstroms in % bei der Expansion von Kohlendioxid/Wasser-Gemischen gegenüber Luft für drei unterschiedliche Wasseranteile;

Fig. 4 prozentuale Abweichungen zwischen Axialgeschwindigkeiten, die sich in einer für Luft optimierten Turbine einstellen, und Axialgeschwindigkeiten in einer mit verschiedenen Kohlendioxid/Wasser-Gemischen betriebenen, erfindungsgemäss modifizierten 5-stufigen Turbine;

ZUSAMMENFASSUNG

- 5 Eine Gasturbinenanlage (16) umfasst einen Verdichter (1), eine Brennkammer (2),
eine Turbine (3) und mindestens einer Wärmesenke (4). Die Gasturbinenanlage
(16) wird mit einem Arbeitsmedium in Form eines Kohlendioxid/Wasser-Gemi-
sches betrieben wird, wobei in der Brennkammer (1) ein Kohlenwasserstoff als
Brennstoff (7) mit Sauerstoff (8) reagiert, und wobei das dadurch entstehende
10 überschüssige Kohlendioxid und Wasser (14) dem Kreislauf an geeigneter Stelle
(5, 6) entnommen wird. Der Verdichter (1) und die Turbine (3) weisen jeweils ei-
nen Rotor und ein Gehäuse auf, zwischen denen Strömungskanäle für das Ar-
beitsmedium verlaufen. Auf dem Rotor sind Laufschaufeln und in den Strömungs-
kanälen Leitgitter angeordnet.
- 15 Bei einer solchen Gasturbinenanlage vereinfacht sich der Aufbau dadurch, dass
der Verdichter (1) und/oder die Turbine (3) einen Rotor und ein Gehäuse aufwei-
sen, welche weitgehend einem Rotor und einem Gehäuse eines für das Arbeits-
medium Luft ausgelegten Verdichters bzw. einer für das Arbeitsmedium Luft aus-
gelegten Turbine entsprechen, und dass bei dem Verdichter (1) und/oder der Tur-
20 bine (3) die Anpassung an das von Luft verschiedene Expansionsverhalten des
Arbeitsmediums im wesentlichen durch Modifikationen der Strömungskanäle
und/oder der Laufschaufeln und/oder der Leitgitter bewirkt wird.

(Fig. 1)

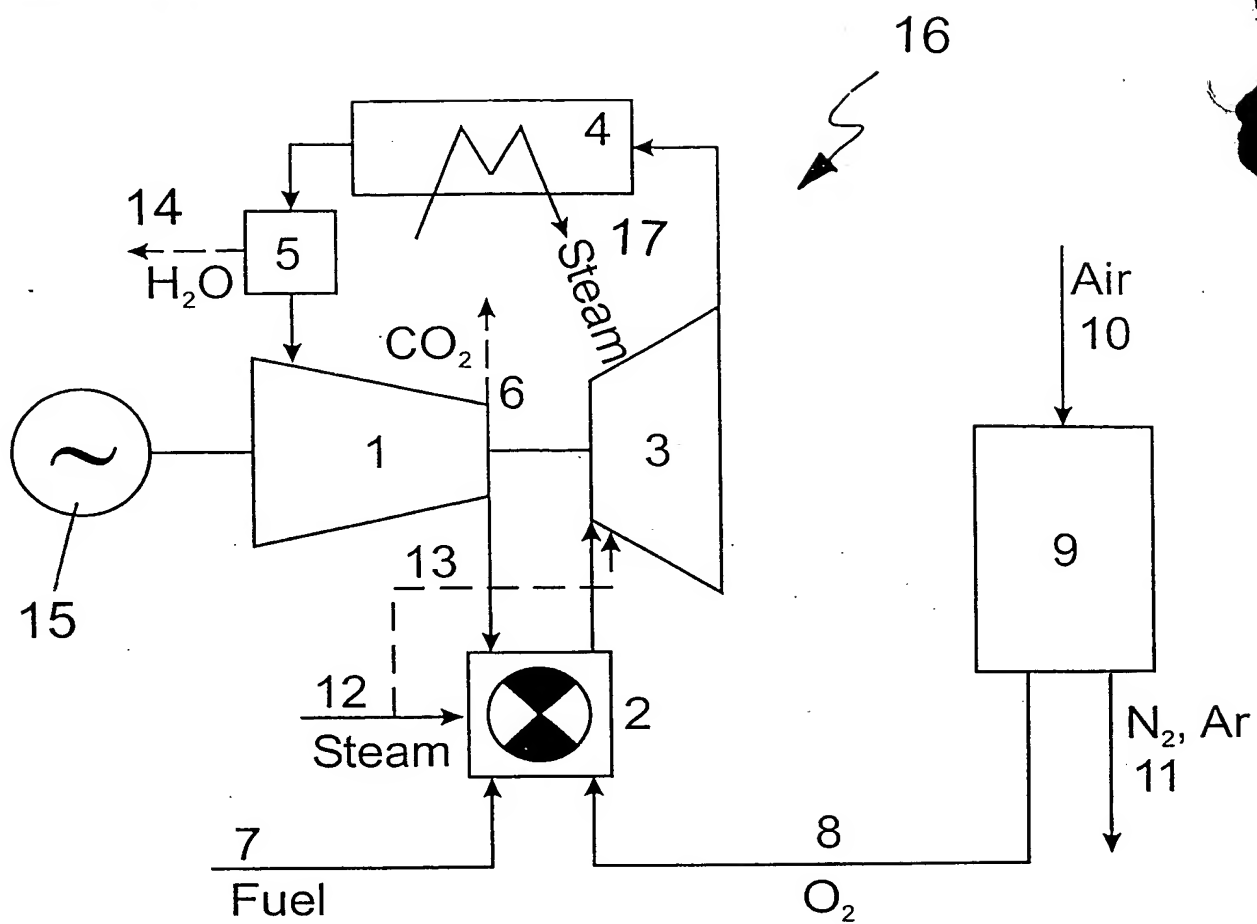


Fig. 1

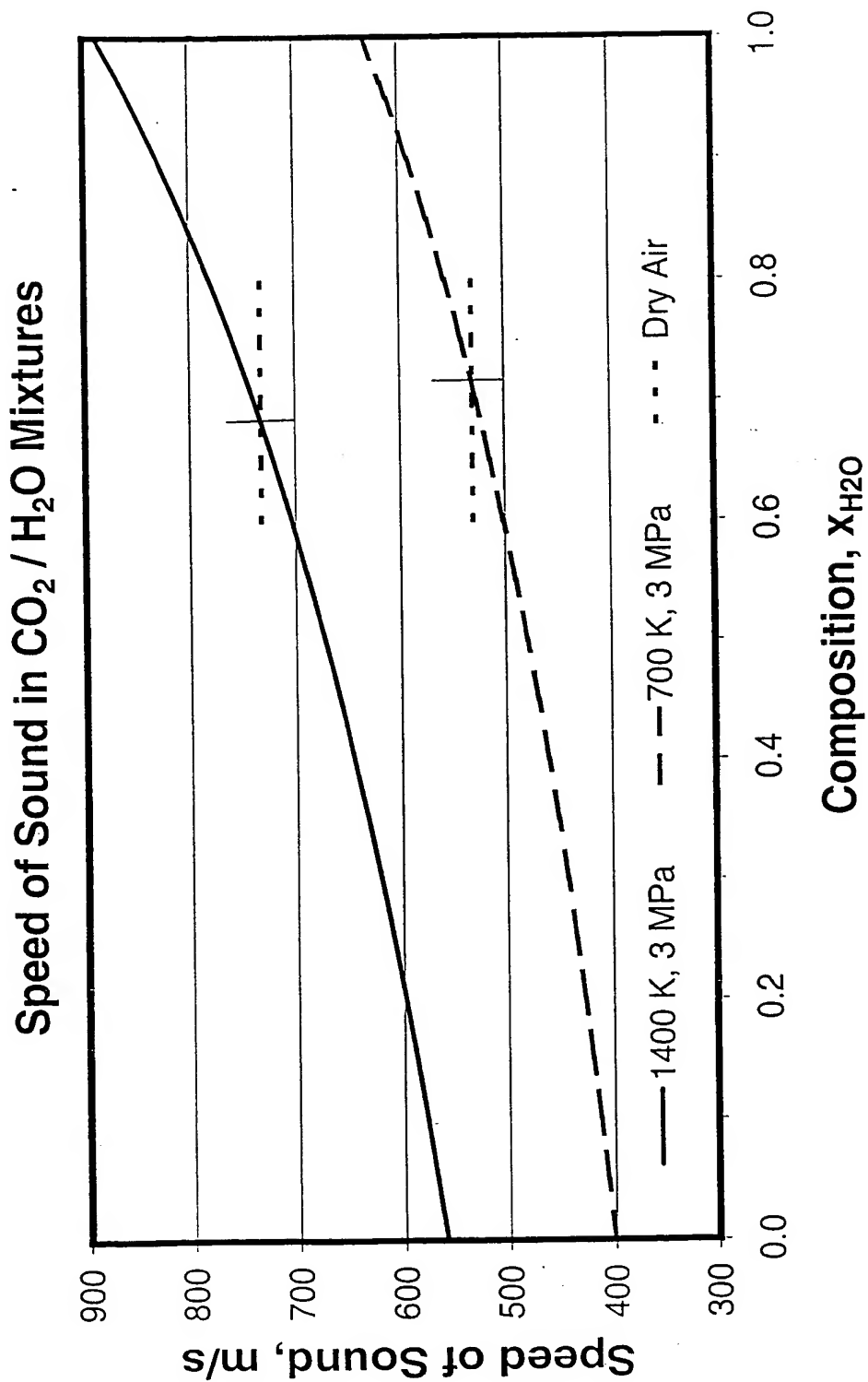


Fig. 2

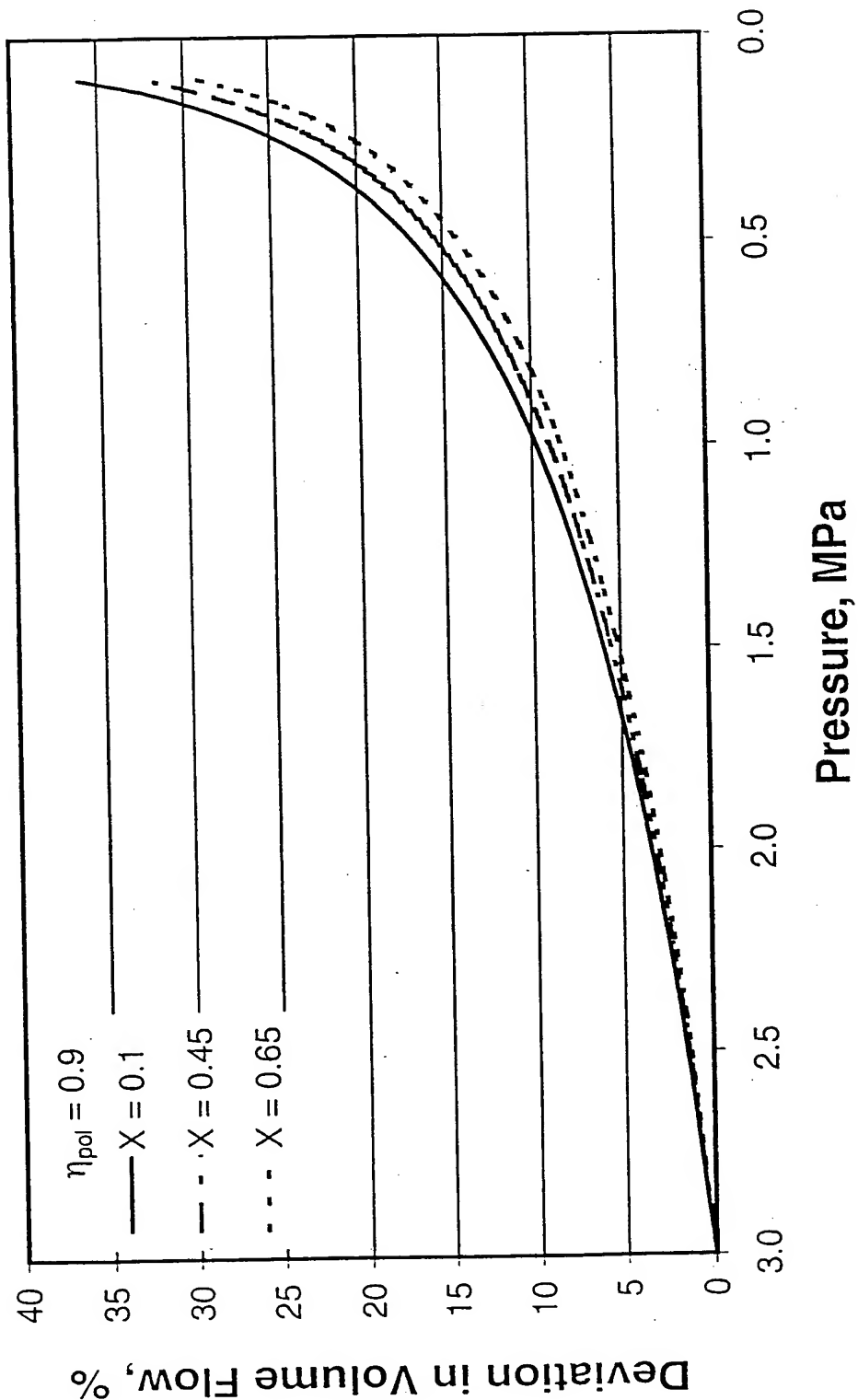


Fig. 3

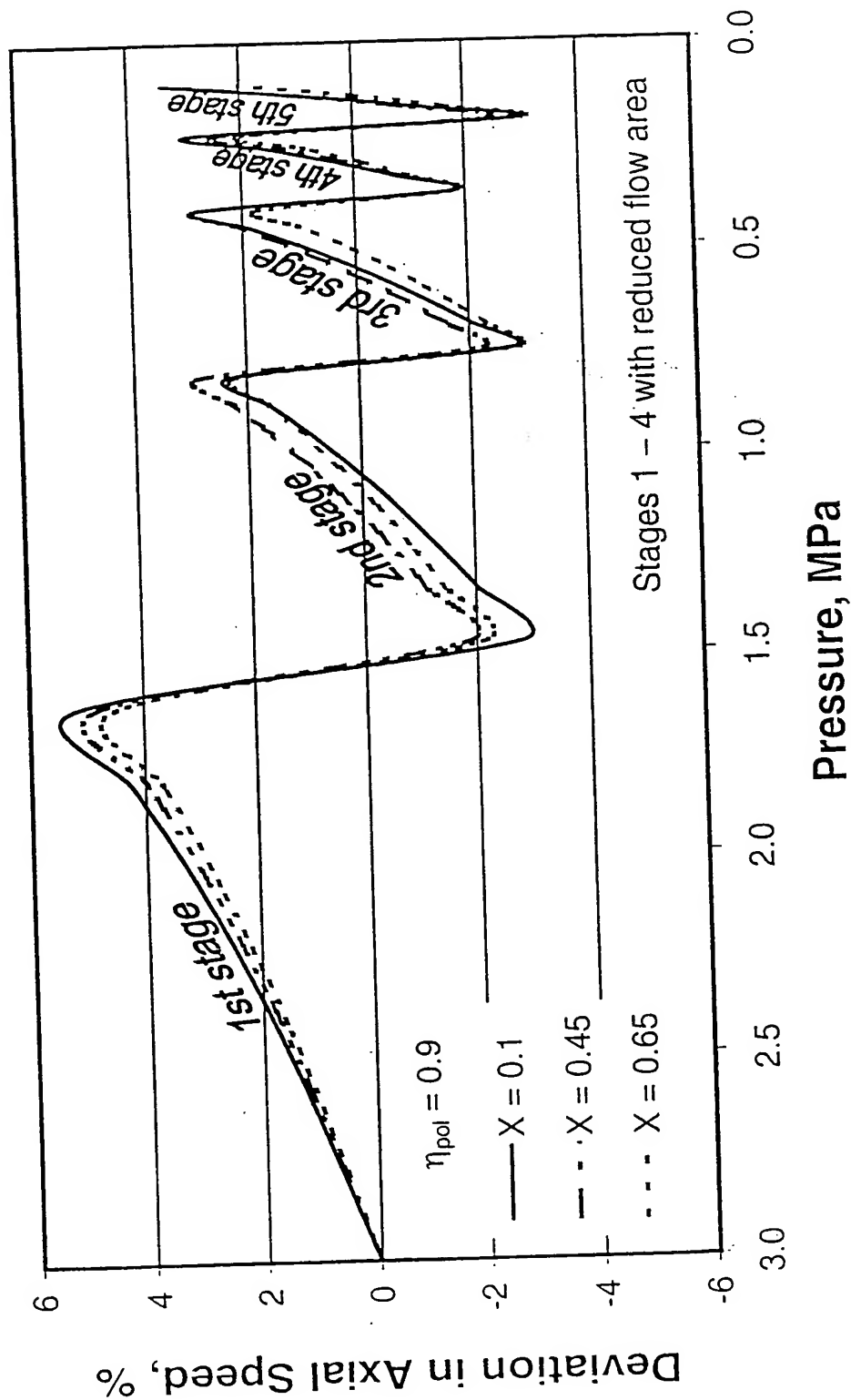


Fig. 4

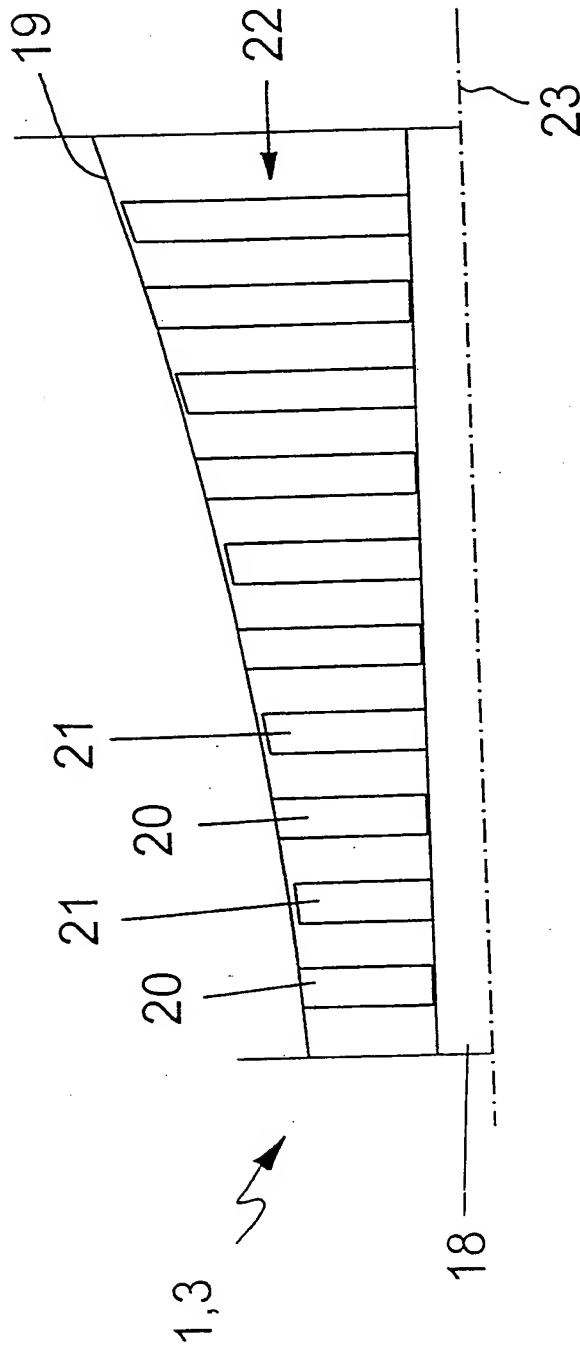


Fig. 5

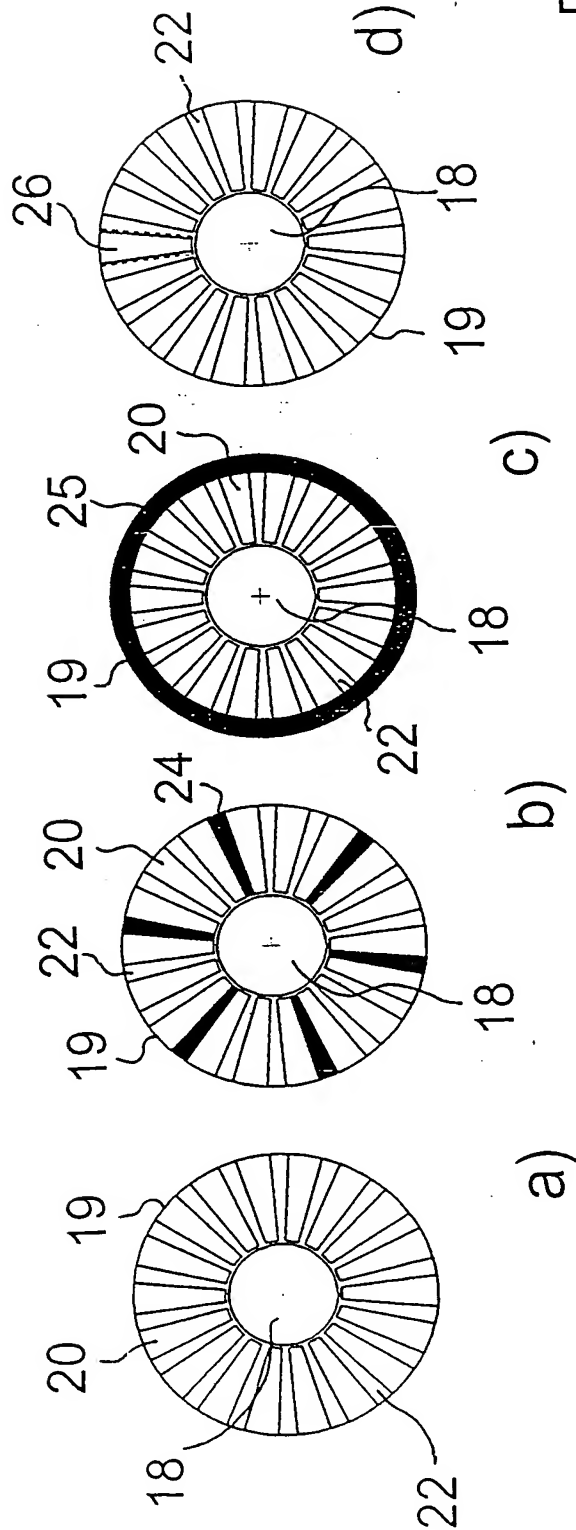


Fig. 6